Aus der Abteilung für Materialienkunde (Prof. Dr. F. Schoenbeck)
des Zahnärztlichen Instituts der Universität Berlin

Untersuchungen über das Verhalten neuerer zahnärztlicher Prothesenmaterialien im Vergleich zum Zahnkautschuk

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Zahnärztlichen Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin

vorgelegt von

Heinrich Roehr

aus St. Petersburg

31. Mai 1935

211

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Magnus
Referent: Prof. Dr. Schoenbeck
Korreferent: Prof. Dr. Schröder

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

MEINEN ELTERN GEWIDMET

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544314_0077

In der zahnärztlichen Plattenprothetik ist der Kautschuk das meistverwendete Basismaterial. Er verdankt diese Vorrangstellung mehr seiner Wirtschaftlichkeit und seiner leichten technischen Verarbeitungsmöglichkeit, als der Erfüllung der mannigfachen Anforderungen, die an ein Prothesenmaterial gestellt werden müssen. Chemische und physikalische und von diesen wiederum die mechanischen Eigenschaften spielen hier die Hauptrolle, daneben sind aber auch hygienische und kosmetische Gesichtspunkte von Wichtigkeit.

Es gibt zwar Materialien, die dem Kautschuk in wesentlichen Punkten überlegen sind, es sei da an die Edelmetalle und besonders den rostfreien Stahl erinnert, die jedoch wiederum ein beschränktes Indikationsgebiet haben und somit eine gänzliche Verdrängung des Kautschuks nicht aufkommen lassen. Neben den technischen Schwierigkeiten bei der Verarbeitung der Metalle, die vielfach vom Praktiker nicht selbst vorgenommen wird, selbst wenn ein eigenes Laboratorium vorhanden ist, spielen hier wirtschaftliche Momente eine Rolle. Wo letztere jedoch nicht ausschlaggebend sind, wird dem Stahl oder den Edellegierungen der Vorzug gegeben. Daraus geht hervor, daß der Kautschuk nicht als vollkommenes Material angesehen werden kann. So besitzt er nicht das Höchstmaß der notwendigen mechanischen Widerstandskraft und läßt in kosmetischer und auch hygienischer Beziehung zu wünschen übrig.

Seit langem wurde daher versucht, Materialien ausfindig zu machen, die diese Nachteile des Kautschuks nicht aufwiesen. Schon früh, in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts versuchte man, so das Zelluloid für Prothesenzwecke zu verwenden. Es wurde nach einem von Emanes und Avellan beschriebenen Verfahren in einer gesättigten Kochsalzlösung bei etwa 110 Grad gepreßt. Ein anderes Verfahren von Winderling und Moriland beruhte auf dem Einspritzen dickflüssigen Zelluloids in den nach dem Auskochen der Wachsprothese entstandenen Hohlraum, worauf die Küvettenhälften zusammengebracht wurden und unter Druck erkalteten.

Dem Zelluloid ähnlich war das Cellon und diesem wiederum das Cellit. Es handelte sich um nicht feuergefährliche Zelluloseazetate, mit denen besonders in der Kriegszeit Versuche unternommen wurden. Sie waren jedoch ebenso wie das einfache Zelluloid den hohen

chemischen und mechanischen Anforderungen auf die Dauer nicht gewachsen und mußten infolge ihrer hohen Quellfähigkeit als Konkurrenten des Kautschuks ausscheiden.

Vor etwa 10 Jahren wurde dann zuerst ein Zelluloseabkömmling unter dem Namen Hekolith in den Handel gebracht, dessen Eigenschaften, ebenso wie die ähnlicher Präparate, im Laufe der Zeit immer noch verbessert werden konnten und das sowohl bei uns als auch besonders im Ausland eine Anzahl ständiger Anhänger gefunden hat.

Inzwischen wurden besonders in Amerika eingehende Versuche mit den verschiedensten Kunstharzprodukten unternommen, unter denen die Phenol-Formaldehydharze die wichtigste Stellung einnahmen. Sie waren jedoch chemisch nicht indifferent und unterlagen einer nachträglichen Polymerisation, die Verfärbungen und geringe Haltbarkeit verursachte. Durch ständige Abspaltung von Phenol bzw. Formalin traten außerdem im Munde Reizwirkungen auf, die ausschlaggebend für eine allgemeine Ablehnung wurden. Ebenso wiesen die Harnstoffkunstharze den Mangel allzu geringer Mundbeständigkeit auf und mußten fallen gelassen werden. Bakelit und seine Verwandten wiederum schieden von vornherein aus wegen vollständigen Fehlens der Thermoplastizität, da sie, einmal geformt, nicht umpreßbar waren, somit für die Prothesenherstellung wegen der fehlenden Reparatur- und Umarbeitungsmöglichkeiten außer Betracht bleiben mußten.

Erst in jüngerer Zeit gelang es den Amerikanern, einen Teilerfolg zu erzielen, als sie die Vinyl-Harze, Derivate der Aethylen-Gruppe, in den Dienst der zahnärztlichen Plattenprothetik stellten. Dieses Material unter dem Namen Resovin erfüllt im weiten Maße die chemischen und physikalischen Vorbedingungen.

Angeregt durch diese Erfolge, befaßte sich die deutsche chemische Industrie eingehender mit dem neuen Stoff und brachte nach längeren Versuchen ein Mischpolymerisat unter dem Namen Neo-Hekolith als Ergebnis ihrer Forschung auf den Markt.

So stehen heute neben den Zelluloseabkömmlingen Hekolith, Coralix usw. die Produkte der Kunstharzgruppe, Neo-Hekolith und Resovin, im engeren Wettbewerb mit dem Kautschuk. Wenn diese Materialien überhaupt als Ersatz in Betracht kommen sollen, muß verlangt werden, daß sie in bezug auf die verschiedenen Anforderungen dem Kautschuk nicht nur ebenbürtig, sondern, wenn auch nur in geringem Maße, überlegen sind.

Zur Entscheidung dieser Fragen darf man nicht ohne weiteres durch empirische Versuche am Patienten Klärung herbeiführen wollen, sondern, um nicht Enttäuschungen und Schaden zu erleiden, muß gefordert werden, daß diese Stoffe in eingehender Laboratoriumsarbeit an neutraler Stelle ihre Eignung und Reife beweisen, um die letzte Feuerprobe im Munde des Patienten zu rechtfertigen.

Unter diesen Gesichtspunkten habe ich eine Prüfung der obengenannten Stoffe durchgeführt und die gefundenen Werte in vergleichende Beziehungen zum Kautschuk gebracht.

Allgemein unterscheidet man physikalische und chemische Materialeigenschaften. Von ersten interessieren bei einem Werkstoff für Zahnprothesen besonders die mechanischen wie Festigkeit, Zähigkeit bzw. Sprödigkeit, Verformung, Härte und technische Verarbeitungsmöglichkeiten sowie das spezifische Gewicht. Von den chemischen Eigenschaften kämen vor allem die Löslichkeit und die durch sie bzw. die durch Reaktionen mit der Mundflüssigkeit bedingten Nebenwirkungen wie Farbe, Geschmack, Geruch usw. in Betracht. Auch das Verhalten gegenüber der Mundschleimhaut ist hier besonders wichtig.

Diesbezüglich untersucht und untereinander verglichen wurden: Hekolith als Hauptvertreter der sich fast gleich verhaltenden Zelluloidpräparate, Neo-Hekolith, ein deutsches Kunstharzprodukt, und Resovin, ein amerikanisches Harz. Zum Vergleich wurde deutscher Kautschuk bester Qualität in roter, schwarzer und rosa Farbe herangezogen. Als Versuchsmaterial dienten Stäbe von quadratischem Querschnitt, mit 4 mm Kantenlänge und 6 cm Länge. Die Stäbe wurden hergestellt aus dem vorgeformten Material des Hekolith, Neo-Hekolith und Resovin, das dem Material der im Handel erhältlichen Platten entspricht, die der Weiterverarbeitung dienen. Außerdem wurden Stäbe durch Umpressen der Platten hergestellt, um Versuchsmaterial zu erhalten, das in seinen Eigenschaften dem der fertigen gepreßten Prothese entspricht. Nur dieses letztere konnte mit den Kautschukwerten verglichen werden, da ja praktisch erst seine Eigenschaften in diesem umgepreßten Zustand im Wettbewerb mit dem vulkanisierten Kautschuk stehen. Bei allen Stoffen wurde Wert darauf gelegt, möglichst gleichmäßiges, exakt verarbeitetes Material zu erhalten, was besonders beim Kautschuk, der durch den Vulkanisationsprozeß leicht Porosität zeigen kann, von Wichtigkeit war.

Prüfung auf mechanische Eigenschaften

Je nach der Beanspruchung, die ein Material erfahren soll, haben wir die entsprechenden Prüfungsmethoden zu wählen und miteinander in Beziehung zu bringen. So unterscheiden wir z. B. bei der Festigkeit u. a. Widerstandsfähigkeit gegen Zug und Druck, Biegung und Knickung. Will man die Festigkeit bestimmen, so belastet man die Probestücke des Materials mit steigenden Gewichten oder benutzt Prüfmaschinen, die absolute Werte über die zur Zertrümmerung des Probekörpers notwendige Energie liefern.

Hier wurde zur Prüfung und Bruchfestigkeit ein Pendelschlagwerk der Firma L. Schopper (Leipzig) verwendet. Das Pendel, dessen Gewicht, Länge und Fallhöhe bekannt sind, zertrümmert beim Aufschlagen den Probekörper und wird in seinem Ausschlagswinkel gehemmt werden. Die nach Zertrümmerung des Probekörpers noch vorhandene Steighöhe des Pendels wird durch einen beim Pendelschlag mitgenommenen Zeiger registriert. Aus der Differenz zwischen Fallhöhe und Steighöhe kann die vom Probekörper aufgenommene Arbeit berechnet werden.

Die Probestäbchen von 6 cm Länge des jeweiligen Materials wurden in je fünf Teile zersägt und die einzelnen Abschnitte jedes Stäbchens nacheinander geprüft. So wurden untersucht von den drei Kautschuksorten je drei, von Hekolith I und II je vier und von Neo-Hekolith und Resovin je fünf solcher Stäbchen, da sich bei den letzteren eine auffällige Streuung zeigte. Die Streuungswerte der untersuchten Kunstharze lagen manchmal so weit auseinander, daß z. B. Probestücke von ein und demselben Stab etwa 26,5 cmkg Arbeit aufnehmen konnten, während das Nachbarstück des gleichen Stückes schon bei 3,5 cmkg aufgenommener Arbeit zertrümmert wurde. Die Bruchstelle war bei erstem verbreitert und aufgefasert und konnte am besten verglichen werden mit dem Aussehen der Bruchstelle eines Holzstückes, das quer zur Faser gebrochen wurde. Bei den Proben mit den geringeren Festigkeitswerten zeigten sich glatte Bruchflächen, manchmal traten unregelmäßig von der Belastungsstelle auslaufende Sprünge auf, oder es erfolgte eine regelrechte Zertrümmerung des Probekörpers in mehrere Teile; das Material machte hier einen mehr spröden, glasartigen Eindruck. Die für diese Tatsache möglichen Erklärungen sollen weiter unten bei der Besprechung der chemischen Eigenschaften und der Verarbeitungstechnik gegeben werden. Beim Resovin konnten

derartig auffällige Unterscheidungen der Bruchstellen nicht gemacht werden, sie entsprachen alle mehr den zuletzt beschriebenen. Im Durchschnitt zeigte sich daher auch eine geringere Widerstandsfähigkeit dieses Materials gegenüber dem Neo-Hekolith.

Das Hekolith ergab ziemlich konstante Werte. Die Streuung lag in denselben Grenzen wie bei den Kautschuksorten. Das Material wurde durch den Pendelschlag abgeschert, wobei es zunächst infolge seiner Weichheit und Elastizität ziemlich zusammengepreßt wurde. Die Durchschnittswerte lagen von allen Stoffen am höchsten. Unterschiede des vorgeformten Materials gegenüber dem verarbeiteten, das also dem Material der fertigen Prothese entspricht, konnten beim Hekolith nicht festgestellt werden. Bei den Kunstharzen ergaben sich geringe Unterschiede zu Gunsten des verarbeiteten Materials. Kautschuk zeigte bei allen Sorten nur geringe Streuung, die Bruchstellen wiesen keine Besonderheiten auf. Die Durchschnittswerte lagen beim roten Kautschuk am höchsten, d. h. zwischen denen des Neo-Hekolith und Resovin, während schwarzer Kautschuk etwa dieselben Durchschnittswerte wie Resovin aufzuweisen hatte. Die Werte für rosa Kautschuk betrugen nur etwa $^1/_{10}$ der Werte für schwarzen Kautschuk. Die Reihenfolge der Materialien bzw. der Schlagfestigkeit wäre demnach: Hekolith, Neo-Hekolith, roter Kautschuk, Resovin, schwarzer Kautschuk und rosa Kautschuk.

Neo-Hekolith-Material I

entspricht dem Material in den zur weiteren Verarbeitung angelieferten Platten.

Prüfung im Pendelschlagwerk. 40 cmkg Pendel.

Stäbchen	Nr. 1:	144	147	71	116	145 Grad
„	„ 2:	143	145	147	142	144 „
„	„ 3:	82	144	142	148	144 „
„	„ 4:	98	112	110	149	95 „
„	„ 5:	166	143	140	145	144 „
„	„ 6:	144	143	143	142	146 „
„	„ 7:	59	58	122	66	62 „
„	„ 8:	144	145	144	146	121 „

Im Durchschnitt ergeben diese Werte eine aufgenommene Arbeit von 8,67 cmkg. Die Werte liegen wesentlich tiefer als die für vulkanisierten Kautschuk und die für Neo-Hekolith in verarbeitetem Zustand, wie es dem Material in der fertigen Prothese entspricht.

Neo - Hekolith - Material II

Zweimal umgepreßt, entspricht dem Material in einer korrekt hergestellten Prothese.

Stäbchen Nr.	1:	144	147	70	112	145 Grad
„ „	2:	142	58	117	70	142 „
„ „	3:	145	144	145	70	144 „
„ „	4:	58	145	88	79	51 „
„ „	5:	58	61	144	70	139 „

Entspricht im Durchschnitt einer aufgenommenen Arbeit von 14,253 cmkg.

Versuch II

Stäbchen Nr.	1:	60	55	60	Grad
„ „	2:	115	45	123	„
„ „	3:	95	60	92	„
„ „	4:	60	60	124	„
„ „	5:	144	144	144	„
„ „	6:	143	144	85	„
„ „	7:	144	30	140	„

Entspricht einer aufgenommenen Arbeit von 13,177 cmkg.

Hekolith - Material I

unverarbeitet.

Stäbchen Nr.	1:	115	108	106	106	102 Grad
„ „	2:	110	104	110	107	103 „
„ „	3:	96	97	105	107	104 „
„ „	4:	102	109	98	105	108 „

Aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 14,012 cmkg.

Hekolith - Material II

verarbeitet.

Stäbchen Nr.	1:	95	92	106	104	104 Grad
„ „	2:	106	110	109	102	107 „
„ „	3:	105	108	102	105	104 „
„ „	4:	105	90	96	115	103 „

Aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 14,621 cmkg.

Die Werte sind nicht so großen Streuungen unterworfen. Das Material macht im Gegensatz zu den Kunstharzen einen mehr gleichmäßigen Eindruck. Die Kunstharze scheinen stellenweise spröder zu sein.

Resovin

Untersucht wurde nur verarbeitetes Material, das dem in der Prothese entspricht.

Stäbchen Nr.	1:	141	118	60	142	139 Grad
„ „	2:	116	124	110	60	137 „
„ „	3:	126	145	140	132	147 „
„ „	4:	98	62	82	147	142 „
„ „	5:	135	145	139	145	60 „

Die aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 10,053 cmkg.

Neben sehr spröden Stellen sind, unregelmäßig verteilt, Abschnitte hohen Widerstandes zu bemerken.

Roter Kautschuk

Stäbchen Nr.	1:	120	104	114	105	95 Grad
„ „	2:	95	127	139	112	116 „
„ „	3:	90	102	100	107	98 „

Aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 13,124 cmkg.

Schwarzer Kautschuk

Stäbchen Nr.	1:	116	118	122	110	104 Grad
„ „	2:	113	114	114	95	122 „
„ „	3:	117	117	125	115	117 „

Aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 10,853 cmkg.

Rosa Kautschuk

Stäbchen Nr.	1:	156	155	134	155	156 Grad
„ „	2:	149	154	147	155	155 „
„ „	3:	150	154	151	155	136 „

Aufgenommene Arbeit im Durchschnitt 1,492 cmkg.

Im Zusammenhang mit der Festigkeit steht das Formänderungsvermögen, denn ein Material ändert sich schon bei Beanspruchung durch geringe Kräfte mehr oder weniger in seiner Gestalt. Je nach der Größe der Kraft können wir hier eine elastische oder auch federnde Formänderung unterscheiden, bei der also das Material nach Aufhören der äußeren Krafteinwirkung seine ursprüngliche Gestalt wieder annimmt, oder es tritt bleibende Formänderung auf, bei der also nach Beseitigung der Kraft kein Zurückgehen in die Form zu beobachten ist. Die Grenze zwischen elastischer und bleibender Formänderung be-

zeichnet man als Elastizitätsgrenze. Die vergleichenden Untersuchungen über das Formänderungsvermögen innerhalb der Elastizitätsgrenze wurden so ausgeführt, daß die Stäbchen von 6 cm Länge und 4 mm quadratischem Querschnitt auf zwei Schneidekanten als Auflagen gelegt wurden, die 4 cm auseinanderstanden. Die Stäbe wurden alle mit der als geeignet befundenen Kraft von 1 kg in der Mitte durch Anhängen eines Gewichtes belastet und die verschieden große Senkung mit Hilfe eines Meßmikroskopes gemessen. Im Durchschnitt wurden festgestellt für Hekolith eine Senkung von 25, Resovin und schwarzen Kautschuk 24, roten Kautschuk 25 und rosa Kautschuk eine Senkung von nur 13 Teilstrichen. Nach Aufhören der Krafteinwirkung gingen die Stücke in die ursprüngliche Form zurück.

Die bleibenden Formveränderungen wurden im Anschluß daran bei stärkerer Belastung mit der gleichen Apparatur geprüft. Da die Vorgänge leicht makroskopisch zu beobachten waren, war das Meßmikroskop überflüssig. Die Stäbe wurden mit steigenden Gewichten belastet und auf ihr Verhalten beobachtet.

Die Resovin-Stäbchen hielten Belastungen bis etwa 10 kg aus. Bei diesen Versuchen konnte beobachtet werden, daß bei 10 kg Belastung das sogenannte Kaltfließen eintrat. Dieser Vorgang dauerte solange an, bis die Stäbchen soweit winkelförmig durchgebogen waren, daß sie zwischen den Auflagen durchrutschen. Zum Bruch kam es nicht, an der Knickstelle konnte man dagegen deutlich eine weißliche Entfärbung bemerken, die auf eine Materialermüdung schließen ließ. Beim Neo-Hekolith begann der Vorgang des Kaltfließens bereits bei etwa 9 kg Weiterbelastung, bei etwa 11 kg führte er innerhalb von einer halben Minute zum Durchrutschen. Verfärbungen an der Knickstelle waren nicht zu beobachten. Das Material zeigte deutlich die Tendenz, bis zu einer gewissen Grenze seine ursprüngliche Form wieder anzunehmen. Roter und schwarzer Kautschuk reagierten bei Belastungen von 9 kg etwa eine Minute lang mit Kaltfließen; der Vorgang kam dann zum Stillstand. Beim Weiterbelasten bis teilweise sogar 11 kg, erfolgte dann scharfer Bruch. Eine so weitgehende Durchbiegung, die bis zum Durchrutschen hätte führen können, konnte in keinem Fall beobachtet werden. Der rosa Kautschuk brach schon bei Einwirkung von etwa 6 kg, ohne Kaltfließerscheinungen zu zeigen. Hekolith zeigte ebenfalls kein Kaltfließen. Belastungen bis höchstens 9 kg führten entweder zum Bruch oder zum Abrutschen von den Auflagen nach fortschreiten-

der Durchbiegung. Die durchgerutschten Stäbe zeigten keine so winklige Abknickung wie die anderen Materialien, sondern mehr parabelförmig starke Biegung. Die Brüche waren nicht so scharf wie etwa beim Kautschuk, sondern erfolgten langsam, das Material riß an der Stelle seiner größten Oberflächenspannung zuerst ein, um sodann völlig nachzugeben. Dieses Verhalten ließ auf eine im Vergleich zu Neo-Hekolith und Resovin geringere innere Kohäsion schließen.

Bei Betrachtung der Ergebnisse lassen sich schon gewisse Schlüsse auf die Zähigkeit und Sprödigkeit der Materialien ziehen. So ist der rosa Kautschuk am wenigsten geschmeidig und verträgt nur eine sehr geringe Formänderung, das Hekolith zeigt dagegen bei den Versuchen innerhalb der Elastizitätsgrenze die größte Durchbiegung und Geschmeidigkeit und reagiert bei den hohen Belastungen sofort mit höchster Formänderung. Es ist deutlich weich, elastisch und am wenigsten spröde. Neo-Hekolith kommt dem Hekolith, allerdings in weiterem Abstand, in der Geschmeidigkeit am nächsten; seine Härte jedoch ist wesentlich größer als die des Hekoliths. Das verhalten der untersuchten Stäbchen beweist, daß Neo-Hekolith von allen untersuchten Stoffen die größte Widerstandsfähigkeit besitzt, da bei diesem keine so augenfälligen Materialermüdungserscheinungen und Strukturänderungen beobachtet werden konnten wie beim Resovin, sondern unter der Druckeinwirkung eine den Vorgängen beim Metallstanzen ähnliche Formänderung zustande kam. Roter sowie schwarzer Kautschuk und Resovin erwiesen sich in der Geschmeidigkeit als sehr ähnlich; die mechanische Widerstandsfähigkeit bei Druckbeanspruchung ist anfangs beim Resovin unbedingt größer, doch scheinen hier Strukturänderungen und Ermüdungserscheinungen des Materials bei langen oder wiederholten Krafteinwirkungen eine verhängnisvolle Rolle zu spielen. Im Gegensatz dazu steht der Kautschuk, der gewisse Belastungen ohne weiteres lange und oft aushält, bis eine besonders hohe und plötzliche Belastung schließlich zum Bruch führt. Es muß in diesem Zusammenhang auf die Ergebnisse am Pendelschlagwerk zurückgegriffen werden. Es ist nicht gleichgültig, ob die Krafteinwirkung plötzlich erfolgt oder sich oft wiederholt oder sich langsam steigert. So scheint das Resovin bei plötzlich auftretender Krafteinwirkung bei verhältnismäßig großer Härte sich wie ein spröder Körper zu verhalten (Pendelschlagversuche). Seine mechanischen Eigenschaften sind somit für zahnärztliche Zwecke ungünstig abgestimmt.

Um ein weiteres Bild über die mechanischen Eigenschaften und das Formänderungsvermögen zu erhalten, wurden die sehr interessanten Versuche im Erichsen-Apparat vorgenommen. Die Apparatur, die ähnlich wirkt wie eine Hülsenziehpresse, dient hauptsächlich zur Prüfung von Metallblechen auf Zieh- und Stanzeigenschaften. Die hier zu untersuchenden Materialproben bestanden aus etwa 1 mm starken Scheiben, die durch Umpressen bzw. Vulkanisieren hergestellt wurden. Es ergaben sich für die Kunstharze Resovin und Neo-Hekolith, die, wie schon festgestellt, ein ausgesprochenes Kaltfließvermögen besitzen, recht hohe Werte bis zu 11 mm Tiefung. Resovin zeigte beim Platzen der Tiefungsstelle, das plötzlich mit scharfem Knall erfolgte, an den Stellen größter Dehnung wieder die weißlich verfärbten Stellen. Roter und schwarzer Kautschuk ließen sich im Durchschnitt bis 7,5 mm tiefen, rosa Kautschuk wegen seiner Sprödigkeit nur bis 1,2 mm. Bei 3,8 mm begann das Hekolith bereits an der Hauptbelastungsstelle einzureißen. Der Riß setzte sich dann immer weiter fort. Ein regelrechtes Zerplatzen wie bei den übrigen Stoffen kam infolge der schon eingetretenen Rißbildung nicht zustande.

Es bestätigen sich dadurch die Ergebnisse der Prüfung im Erichsen-Apparat.

Von den vergleichsweise untersuchten Materialen wurden plane Platten von etwa 1 mm Stärke hergestellt, denen das Material in den jeweiligen Prothesen entsprechen würde.

Neo-Hekolith		Hekolith	
1.	10,5 mm Tiefgang	1.	3,8 mm Tiefgang
2.	8,63 „ „	2.	3,1 „ „
3.	9,10 „ „	3.	3,6 „ „
4.	10,00 „ „	4.	6,7 „ „
5.	9,4 „ „	5.	2,75 „ „

Resovin

1. 11,4 mm Tiefgang
2. 8,7 „ „
3. 10,05 „ „

Schwarzer Kautschuk	Roter Kautschuk
1. 7,3 mm Tiefgang	1. 8,6 mm Tiefgang
2. 7,3 „ „	2. 7,45 „ „
3. 6,0 „ „	3. 7,25 „ „
4. 7,3 „ „	4. 5,8 „ „

Rosa Kautschuk

1. 1,2 mm Tiefgang
2. 0,15 „ „ für diese Versuche unbrauchbar.

Belastungsproben

Die Kunstharze hielten die größten Beanspruchungen aus, wobei sich beim Resovin wieder die durch die Entfärbung erklärten Ermüdungserscheinungen und Strukturänderungen und plötzliches Zerspringen in viele kleine Stücke im Gegensatz zum Neo-Hekolith zeigten.

Prüfung auf chemische Eigenschaften

Kautschuk ist der koagulierte Milchsaft verschiedener Pflanzen, besonders der Hevea brasiliensis. Er stellt chemisch einen polymeren Kohlenwasserstoff von der Grundformel C_5H_8 dar, der durch Schwefelzusatz und Erhitzung vulkanisiert wird. Er ist undurchsichtig, läßt sich aber färben. Feine Farbtöne jedoch, wie sie das menschliche Zahnfleisch aufweist, sind bisher noch nicht erreicht worden.

Hekolith ist ein Zelluloidpräparat besonderer Zusammensetzung, das durch Behandlung der aus Baumwolle gewonnenen Zellulose mit Salpeter- und Schwefelsäure und Versetzen mit Kampfer gewonnen wird. Es ist dem Zahnfleisch ähnlich gefärbt, von einer gewissen Transparenz und hat deutlichen Geruch und Geschmack nach Kampfer.

Resovin ist ein synthetisches chemisches Erzeugnis, das aus polymeren Vinylestern besteht und keine Elastisierungsmittel enthält. Es ist besonders transparent und besitzt eine gute gelungene zahnfleischähnliche Färbung. Es ist absolut geruch- und geschmacklos.

Neo-Hekolith ist ein Mischpolymerisat, das in der Hauptsache ebenfalls aus polymeren Vinylestern besteht, aber außerdem noch polymeres Styrol und ein Elastisierungsmittel enthält, das jedoch geheim gehalten wird. Es ist ebenfalls transparent und vollkommen

zahnfleischähnlich gefärbt, desgl. wie Resovin geruch- und geschmacklos.

Zur Untersuchung auf chemische Widerstandsfähigkeit wurden die zuvor mit der Mikrometerschraube gemessenen Stäbchen in käufliche dreiprozentige Wasserstoffsuperoxydlösung gebracht und in den Brutschrank gestellt, wo sie fünf Wochen verblieben. Nach dieser Zeit war bei allen untersuchten Materialien weder eine Quellung durch Wasseraufnahme noch eine Entfärbung oder eine sonstige Veränderung zu erkennen. Gleichzeitig waren Materialproben in reines Perhydrol (Merck) gelegt worden; nach fünf Wochen war nur bei dem Hekolith eine Veränderung festzustellen, das sich vollkommen entfärbt hatte, woraus hervorgeht, daß der Farbstoff dieses Materials angreifbar ist.

Die gleichen Untersuchungen wurden in der Natr. bicarbon.-Lösung, Milchsäure und in einprozentiger Sodalösung vorgenommen. In keinem Falle und bei keinem Material konnten nach Beendigung meßbare oder sichtbare Veränderungen festgestellt werden.

Diese auch für das Zelluloidpräparat Hekolith günstigen Ergebnisse beweisen, daß dieses in letzter Zeit verbessert werden konnte, denn gerade bei früheren Untersuchungen dieser Art zeigte das Hekolith gewisse Veränderungen, vor allem starke Quellfähigkeit.

Diese Versuche waren für die Beurteilung der neuen Materialien besonders günstig, da die Widerstandsfähigkeit gegen Wasser bei den Kunstharzen ein schwer zu erreichendes Ziel war. Wenn auch durch die Ergebnisse eine praktische Widerstandsfähigkeit im feuchten Medium erwiesen ist, so nimmt doch nach eigenen Angaben der Herstellerfirma das Resovin besonders bei höher gelegenen Temperaturen von etwa 70 Grad Celsius bis 0,08% Wasser auf, wobei an der Oberfläche ein weißlicher Belag auftritt. Ebenso scheint beim Neo-Hekolith bei höheren Temperaturen Feuchtigkeit eine Rolle zu spielen, denn gelegentlich sind nach der Verarbeitung weißliche Stellen zu beobachten, wenn die Formen entgegen der Behandlungsvorschrift vor dem Pressen nicht genügend ausgetrocknet waren.

Die Hersteller des Neo-Hekolith erklären die weißen Stellen als mechanisch eingepreßten Wasserdampf; inwieweit es sich jedoch um ähnliche Vorgänge wie beim Resovin handelt, soll dahingestellt bleiben. Erwähnt sei, daß diese Erscheinungen keinen Anlaß zu irgend welchen Bedenken geben, da die Anweisung, die Küvetten vor dem Pressen des Neo-Hekolith auszutrocknen, keine Schwierigkeiten bereitet, außer-

dem durch die Austrocknung noch weiter zu besprechende Vorteile erzielt werden.

Ueber das weitere chemische Verhalten der untersuchten Materialien ist zu bemerken, daß in dem Anwendungsgebiet derselben praktisch keine Stoffe vorhanden sind, die diese Materialien chemisch angreifen könnten. So ist z. B. Neo-Hekolith und Resovin ebenso wie der Kautschuk besonders leicht nur in Chloroform löslich, während Hekolith, das Zelluloseprodukt, sich am besten in Azeton löst. Im Zusammenhang hiermit möge erwähnt werden, daß etwaige Azetonausscheidungen der Diabeter keinen Einfluß auf eine Hekolithprothese haben, wie die Erfahrung gelehrt hat.

Prüfung auf Farbbeständigkeit

Von besonderer Wichtigkeit, ja fast ausschlaggebend für die praktische Verwendung eines an sich auch geeigneten Materials ist die Frage, ob die gewiß schwierig zu erreichende zarte Zahnfleischfärbung auch von Bestand ist. In dieser Hinsicht ist zunächst vorauszuschicken, daß das Hekolith die Erwartungen nicht ganz erfüllt hat. Jedoch auch unter Berücksichtigung der Tatsache, daß alle zarteren Farbtönungen empfindlicher sind als z. B. die kräftigeren im Kautschuk, muß doch gesagt werden, daß beim Hekolith zwei Momente zur Geltung kommen, die für die Farbbeständigkeit nachteilig sind. So ist erstens das Hekolith als Zelluloid chemisch im Innern labil. Aus technischen Gründen sind Indanthrenfarbstoffe bei der Herstellung des Materials nicht zu verwenden; zur Färbung wird daher ein Erdfarbstoff Zinnober gebraucht. Bei der Einwirkung von ultraviolettem Licht, besonderen Speichels usw. auf das Material findet in demselben eine teilweise Denitrierung statt, bei der geringe Spuren nitroser Gase eine teilweise Umwandlung des HgS über Nitrate in fein verteiltes Hg herbeiführen, wodurch die bekannte blaugraue Verfärbung erklärlich wird.

Zweitens ist das Hekolith sehr weich. Dadurch wird seine Oberfläche durch die mechanischen Effekte der beim Kauakt vorbeigleitenden Speisen recht bald matt und mit vielen kleinen Furchen übersät. Bei der Verarbeitung soll außerdem ein Teil des Elastisierungsmittels ausgetrieben werden, wodurch eine gewisse Porosität entsteht. Beide Umstände begünstigen eine Ein- und Ablagerung von Nahrungspigmenten.

Im Gegensatz hierzu stehen das Resovin und das Neo-Hekolith, die indanthrenfärbbar sind. Beide sind weiterhin chemisch stabil und verändern sich nicht mehr, weil die Bestandteile bis zu Ende polymerisiert sind und infolgedessen keine Stoffe freiwerden, die die Farbe angreifen könnten. Dies hat sich neben der praktischen Erfahrung auch durch Versuche bestätigen lassen. Es wurden je ein poliertes und ein unpoliertes Stück Neo-Hekolith etwa ein halbes Jahr im Freien den Einwirkungen des Sonnenlichtes und der Witterung ausgesetzt. Nach dieser Zeit hatte sich auf dem unpolierten Stück ein grauer Belag gebildet, der in den kleinen Unebenheiten haftete. Nach dem Abkratzen bzw. Polieren waren bleibende oder gar durchgehende Farbänderungen nicht erkennbar. Das polierte Stück wurde lediglich abgewaschen und ebenfalls unverändert befunden.

In diesem Zusammenhang soll erwähnt werden, daß der Kautschuk seine Farbe im Laufe der Zeit und schon nach jeder Vulkanisation ändert. Erinnert sei an das oft notwendige Nachbleichen des rosa Kautschuks bei Neuanfertigungen. Besonders störend wirken diese Farbänderungen bei Reparaturen und Umarbeitungen (Unterfütterungen). Im Gegensatz stehen hierzu die Kunstharze, bei denen infolge ihrer unbedingten Farbbeständigkeit Reparaturen nicht zu erkennen sind. Hekolith steht in dieser Hinsicht auf derselben Stufe wie der Kautschuk, da es meist in schon verfärbtem Zustand zur Reparatur kommt.

Wie schon aus dem vorhergesagten Teil zu ersehen ist, sind die Materialien Neo-Hekolith und Resovin so beschaffen, daß etwaige Reizungen der Mundschleimhäute, wie sie gelegentlich bei Kautschuk- und auch Hekolithprothesen vorkommen, unwahrscheinlich scheinen. In der Tat haben die praktischen Versuche am Patienten für eine derartige Befürchtung keinerlei Anlaß gegeben. Inwieweit Reizungen bei Kautschuk auf physikalische Ursachen, Porosität und damit zusammenhängende Absorptionstoffe, bei Hekolith außerdem auf Kampfer und Elastisierungsmittel zurückzuführen sind, ist hier nicht Gegenstand der Untersuchungen.

Prüfung der physikalischen Eigenschaften im Hinblick auf die Verarbeitung

Das spezifische Gewicht eines Werkstoffes für Zahnprothesen spielt bei der Anfertigung von Ersatzstücken eine besondere Rolle. So soll es einerseits niedrig sein, um dem Prothesenträger Belästigungen

zu ersparen, andererseits ist uns ein schwereres Material gelegentlich besonderer Fälle im Unterkiefer angenehm.

So erfüllen die untersuchten Materialien die erste Forderung besser als der Kautschuk, da die Kunstharze Neo-Hekolith und Resovin bei einem spezifischen Gewicht von 1,34 etwa 30% leichter und das Zelluloidprodukt Hekolith mit dem spezifischen Gewicht 1,4—1,5 etwa 20% leichter sind als der Zahnkautschuk. Für den erwähnten entgegengesetzten Fall lassen sich alle drei Materialien leichter als der Kautschuk mit Metallen kombinieren.

Die Härte der untersuchten Stoffe wurde auf folgende Weise geprüft:

Ein einarmiger Hebel, der an seinem Ende drehbar aufgehängt ist, trägt in einem Abstand von etwa 10 cm von seinem Unterstützungspunkt einen rechtwinklig ansetzenden Stahlstab, der in eine polierte Halbkugel ausläuft und bis zum Grundbrett der Apparatur reicht. Der Hebelarm ist in regelmäßigen Abständen eingekerbt, zum Anhängen und Verschieben von Gewichten. Bringt man unter die Halbkugel das zu untersuchende Material, so entsteht bei Belastung ein deutlicher Eindruck der Halbkugel in das Material. Je nach der Härte des Stoffes ist dieser Eindruck meßbar verschieden. Diesem Versuch wurden die zu untersuchenden Materialien bei konstanter Belastung und Belastungsdauer unterworfen und die Durchmesser der Kugeleindrücke mit der Mikrometerlupe gemessen.

Es ergeben sich:

Schwarzer und roter Kautschuk	0,5 ∅
Rosa Kautschuk	0,3 ∅
Hekolith	1,2 ∅
Neo-Hekolith, Resovin	0,4 ∅

in Millimeter.

Somit sind die Kunstharze gegenüber dem Kautschuk härter, während das Hekolith wesentlich weicher ist. Die größere Härte wirkt sich bei Betrachtung der mechanischen Eigenschaften für das Resovin infolge der dadurch mitbedingten Sprödigkeit ungünstig aus, dagegen beeinflußt sie diese beim Neo-Hekolith nicht, sondern wirkt sich nur als Vorzug aus, da sie dazu beiträgt, den Prothesen länger die Hochglanzpolitur zu erhalten. Die Weichheit des Hekolith ist nach dem Vorhergesagten als Nachteil zu werten.

Neo-Hekolith sowohl als auch Resovin zeichnen sich durch eine sehr große Dichte und Homogenität aus, beide Stoffe sind mikro-

skopisch strukturfrei, der Vorzug höherer Dichte bewirkt, daß ein Anhaften und Einlagern von Nahrungsrückständen, Tabakpigmenten und Speichel nicht so leicht möglich ist. Sollten dennoch diese Stoffe absorbiert werden, so sind sie leicht und vollkommen durch Abspülen zu entfernen.

Physikalisch von besonderer Wichtigkeit ist die Thermoplastizität. Diese Eigenschaft der sogenannten „plastischen Massen" ermöglicht überhaupt erst ihre Verwendung und Verarbeitung. Im Gegensatz zum Kautschuk, der während der Verarbeitung einen chemischen Prozeß duchmacht, sind die Vorgänge bei der Verarbeitung der untersuchten Materialien rein physikalische. Durch Wärmeeinwirkung wird der Aggregatzustand dieser Stoffe von der festen Form in eine zähplastische gebracht. Unter Anwendung von Druck beginnt dann das Material zu fließen und kann so in jede beliebige Form gepreßt werden. In diesem Sinne ist zwar Kautschuk in beschränktem Maße ebenfalls thermoplastisch, doch spielt diese Eigenschaft bei der Verarbeitung eine untergeordnete Rolle. Die Thermoplastizität eines Prothesenmaterials darf nicht bei zu niedrigen Temperaturen beginnen, damit die Formbeständigkeit der Prothese im Munde und bei höheren Temperaturen der zugeführten Speisen gewährleistet wird. Resovin und Neo - Hekolith erfüllen diese Forderung, da sie erst bei einer Temperatur von etwa 85 Grad beginnen, sich zu verformen. Beim Hekolith liegt diese Anfangstemperaur leider etwas tiefer, etwa bei 75 Grad, und es sind Fälle beobachtet worden, bei denen Prothesen gegen heiße Getränke nicht genügend widerstandsfähig waren. Der Kautschuk ist von dieser Gefahr am weitesten entfernt, er beginnt erst bei etwa 95 Grad biegsam zu werden.

Die größte Plastizität wird erreicht beim Resovin bei etwa 138 Grad, beim Neo-Hekolith bei etwa 130°, während das Hekolith schon bei 120 Grad einwandfrei fließt und gepreßt werden kann. Vom technischen Standpunkt aus ist es vorteilhaft, die Preßtemperatur nicht höher als 130 bis 135 Grad zu wählen. Somit ist in dieser Hinsicht das Resovin am ungünstigsten gestellt, während Hekolith diese Forderung am besten erfüllt.

Technische Verarbeitungsmethoden auf Grund eigener Versuche

Wie schon erwähnt, werden die untersuchten Materialien im Gegensatz zum Kautschuk durch physikalische Vorgänge zur Verarbeitung gebracht, indem von allen diesen „plastischen Massen" eine

der ungefähren Kiefergröße fabrikmäßig roh vorgeformte Platte, die in etwa drei Größen für Ober- und Unterkiefer im Handel erhältlich ist, durch Wärme plastisch gemacht und unter Druck in die entsprechende Form gepreßt wird. Somit kommt das bei der Kautschuktechnik notwendige Stopfen des Materials in verschiedenen Farben in Fortfall, die rohe Platte wird lediglich noch etwas genauer dem vorliegenden Fall entsprechend angepaßt, indem an den Stellen, an denen sich zu viel Preßüberschuß bilden würde, schon vorher durch Wegfräsen und Zufeilen des Materials die Gleichmäßigkeit des Flusses erleichtert wird. Der Preßvorgang an sich ist im Vergleich zur Vulkanisationszeit ungemein kürzer und dauert etwa eine halbe Stunde. Während dieser Zeit muß jedoch der Arbeit größte Aufmerksamkeit gewidmet werden, damit die Küvettenhälften recht langsam und gleichmäßig ohne Anwendung von Gewalt zusammengebracht werden. Bei richtiger Handhabung kann man an der Preßspindel fühlen, wie das Material langsam nachgibt. Trotz Anwendung der günstigsten Preßtemperatur wird das Material bei diesem Vorgang noch sehr zäh sein und schwer fließen, was wiederum Anwendung eines ziemlich hohen Preßdrucks (500—1000 kg) notwendig macht. Damit die Form diesem Druck standhält, ist man genötigt, für die Einbettung Hartgipse bester Qualität zu verwenden. Der zähe Fluß und der hohe Preßdruck lassen außerdem nur die Methode des „umgekehrten Einbettens" zu, da das träge Material bei der Einbettung mit „Wall" nicht ausfließen würde und mit Sicherheit die Wälle abbrechen würden, was ja schon bei unvorsichtigem Pressen fertig gestopfter Kautschukarbeiten vorkommen kann. Naturgemäß ist bei dieser Art Technik ganz besonderer Wert auf präzis gearbeitete Küvetten zu legen, die ganz genau schließen müssen, um Fehlerquellen auszuschalten. Trotzdem besteht stets die Gefahr, zu dicke Stücke zu erhalten, wenn durch falsche Auswahl der Gipssorte und unrichtige Behandlung beim Anrühren desselben die Einbettung über dem Modell durch Kontraktion nachgibt oder die Modelle springen oder zerdrückt werden. So ist namentlich ein Zusatz von Salz beim Gipsanrühren, der die Härte ungünstig beeinflußt, erfahrungsgemäß sehr nachteilig. Im Zusammenhang hiermit ist die richtige Anlage der Abzugskanäle von Wichtigkeit.

Diese Momente treten weniger in Erscheinung beim Pressen der Hekolithplatten, da das dem Zelluloid ähnliche Material im Wasserdampf preßbar ist und die Arbeit sofort nach dem Abbinden des Ein-

bettgipses fortschreiten kann, was für diese von Vorteil ist. Resovin und Neo-Hekolith dagegen sind als Kunstharze, wie erwähnt, im plastischen Zustand doch etwas wasserempfindlich und müssen daher trocken gepreßt werden, das bedeutet aber, daß die Formen also gründlichst getrocknet und auf die Preßtemperatur vorgewärmt werden müssen. Bei diesem Prozeß treten die sich bei der Verarbeitung des Gipses evtl. einschleichenden Fehler schon äußerlich in Gestalt von Sprüngen und Kontraktionen des ganzen Blockes in der Küvette zutage. Die Vorwärmung darf nicht allzu lange Zeit in Anspruch nehmen, und die Temperatur soll nicht unnötig überschritten werden, um eine Umwandlung des Gipses und dadurch bedingte geringere Härte zu vermeiden. Die Resovin-Technik macht in diesem Punkte die größten Schwierigkeiten, weil die Vorwärmung des Gipses fast bis auf 140 bis 145 Grad erfolgen muß. Auf der anderen Seite muß aber die angegebene Preßtemperatur besonders beim Resovin unbedingt innegehalten werden, damit das Material auch regelrecht fließt. Man wird bei Anwendung niedrigerer Temperaturen wohl ebenfalls eine gut ausgepreßte Prothese erhalten, aber die Struktur im Innern des Materials ist gestört. Es hat sich nicht selbst verformen können, sondern stellenweise eine den Vorgängen beim Metallstanzen ähnlichen Prozeß der gewaltsamen Verformung durchgemacht, was daran erkenntlich ist, daß sich Schlieren in der Struktur gebildet haben. So hat die derart fertiggestellte Prothese eine hohe innere Spannung, wodurch natürlich die Widerstandskraft gegenüber den Kaukräften herabgesetzt ist. Diese Spannungen können ausgelöst werden, wenn eine derart fehlerhaft hergestellte Arbeit wieder erhitzt wird. Man beobachtet dann, daß das Material die Tendenz zeigt, in seine ursprüngliche Form zurückzukehren. Nach Angaben der Hersteller kann diese Rückkehr beim Resovin sogar langsam bei Mundtemperatur vor sich gehen.

Ein weiterer Beweis für diese durch die inneren Spannungen bedingte geringere mechanische Widerstandskraft ist darin zu erblicken, daß z. B. eine Neo-Hekolith-Basisplatte, die fabrikgemäß aus einer planen Platte bei etwa 100 Grad zur handelsüblichen Form gestanzt wurde, sich trotz ihrer Stärke verhältnismäßig leicht mit einem Hammer zerschlagen ließ, während die korrekt hergestellte Prothese dem Hammerschlag einen weitaus größeren Widerstand bietet. Dadurch lassen sich auch die großen Streuungen erklären, da in den aus gewölbten Basisplatten hergestellten Probestäben im Innern höhere

Spannungen vorhanden waren, die Sprödigkeit des Materials bedingten. Für die Herstellung der Prothesen ist damit die Vorformung des Materials von einiger Bedeutung, indem die Wege, die das fließende Material zurückzulegen hat, möglichst kurz gehalten werden sollen.

In Rücksicht hierauf wird man, um Spannungen zu vermeiden, während des Erwärmens auf die Preßtemperatur die Preßspindel dem Grad der zunehmenden Erweichung entsprechend etwas anziehen, damit die Basisplatte, die, wie erwähnt, mit Gewalt vorgeformt wurde, sich nicht so leicht zurückformen kann. Dieser Rückformungsneigung des Materials ist übrigens beim Neo-Hekolith besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden, indem man durch geeignete Behandlung der Rohstoffe die Rückformungskräfte auf ein Mindestmaß herabgedrängt hat. Praktisch äußert sich dies u. a. auch darin, daß sich Neo-Hekolith-Arbeiten leichter pressen lassen als z. B. Resovin und die beim Preßvorgang sich abspielenden entgegengesetzten Kräftewirkungen, nämlich Rückformungstendenz der Platte einerseits und Preßwirkung in die neue noch differenziertere Form andererseits, nicht so groß sind, wodurch wiederum die Gefahr der Gefügeänderungen und Bildung innerer Spannungen herabgesetzt werden.

Wie schon erwähnt, verbietet sich die Anwendung höherer Temperaturen als 135 Grad schon mit Rücksicht auf die Gipsform. Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß der Farbkörper des Preßmaterials höhere Temperaturen nicht aushält, sich zersetzt und mißfarbig wird. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, sind die Preßapparaturen und die Küvetten so konstruiert worden, daß eine Temperaturmessung während des Preßvorganges in der Küvette möglich ist.

Beim Hekolith spielt die Preßtemperatur in mechanischer Hinsicht nicht diese Rolle wie bei den Kunstharzen, doch ist für dieses Material eine Temperatur von 130 Grad mit Rücksicht auf die Farbe keinesfalls zu überschreiten.

Bei Betrachtung aller erwähnten Punkte kommt man zu dem Resultat, daß die Technik der Kunstharze mindestens ebensoviel Aufmerksamkeit und Mühe erfordert wie etwa eine Kautschukarbeit, während die Herstellung von Hekolitharbeiten bedeutend einfacher ist.

Hervorgehoben soll aber werden, daß sämtliche untersuchten Materialien sich ausnahmslos besser mit Metallen kombinieren lassen als der Kautschuk, denn es treten bei der Verarbeitung keine Sulfid-

schichten auf den Metallen auf, wie sie infolge der Schwefelausscheidungen bei der Vulkanisation des Kautschuks bekannt sind.

Es wird dadurch eine besonders gute Fixierung von Klammern, Bügeln und Zähnen gewährleistet, was besonders für die Kombination mit Stahl gilt.

Erwähnenswert ist noch das feste Anlegen der Kunstharze um die Porzellanzähne. Infolge Fehlens jeglicher Spannungen durch Schrumpfung ist dieser Anschluß im Gegensatz zum Kautschuk und Hekolith, bei denen manchmal das Eindringen von Speiseresten zwischen Basismaterial und Porzellanzahn beobachtet werden kann, ein dauerhafter, wodurch in hygienischer Beziehung ein weiterer Fortschritt bedingt ist.

Schließlich seien die Möglichkeiten für etwaige Reparaturen erwähnt. Weder Hekolithstücke noch solche aus Kunstharzen haben die auch beim Kautschuk vermißte Eigenschaft, sich durch Pressen miteinander zu vereinigen.

Während aber bei Kautschukreparaturen die Vereinigung der Bruchstücke eine vorwiegend mechanische Verankerung darstellt, können bei Hekolith und auch Kunstharzen unter gewissen Umständen durch Zusammenfließen der Massen homogene Reparaturen erzielt werden. Die zum Zwischen- oder Aufpressen zu benutzenden Reparaturstückchen werden in den Dämpfen des für das Material zuständigen Lösungsmittels vorbehandelt. Sie werden dadurch oberflächlich weich und klebrig. Die Bruchstellen werden einige Male mit dem Lösungsmittel eingepinselt. Beim Pressen, bei vorschriftsmäßiger Temperatur vereinigen sich die Teile und verfließen dauerhaft ohne Trennungszone. Die Verbindungsstelle ist besonders bei den Kunstharzen so innig, daß im Mikroskop eine veränderte Struktur nicht erkennbar ist. Beim Hekolith dagegen sind die Ansatzstellen manchmal infolge der Farbdifferenz von Reparaturmaterial und Bruchstück erkenntlich. Neo-Hekolith- und Resovinreparaturen sind nach der Fertigstellung nicht zu erkennen, da keine Farbänderung vorhanden ist. Es läßt sich übrigens das Resovin auch ohne Anwendung des Lösungsmittels reparieren, doch hat die Praxis gelehrt, daß durch oberflächliche Erweichung bessere Erfolge leichter erzielt werden können.

Die einwandfreie Reparaturmöglichkeit der Kunstharze macht uns das Material recht wertvoll. Ein weiterer Vorzug liegt darin, daß abgebrochene oder gesprungene Zähne auf „kaltem Wege“ innerhalb

weniger Minuten einwandfrei ausgewechselt werden können. Nach sorgfältiger Entfernung der Zahnreste und Krampons wird z. B. ein neuer Zahn, der über der Flamme vorsichtig erhitzt wurde, an die Stelle gepreßt und das Material, das evtl. überschüssig war, mit einem heißen Messer abgetragen und glatt modelliert.

Praktische Erfahrungen im Munde

Das durch die bisherigen Untersuchungsergebnisse gewonnene Bild über die neuen Materialien wird vervollkommnet durch die praktischen Erfahrungen im Munde. Das Verhalten des Kautschuks ist uns bekannt und braucht nicht mehr beschrieben zu werden; erinnert sei lediglich daran, daß er nicht allen Ansprüchen genügt. Ebenso dürfte das Hekolith, das seit 10 Jahren hergestellt wird, in seinen wesentlichsten Eigenschaften bekannt sein. Wenn es trotz vieler anfänglicher Mißerfolge sich bis heute behauptet hat, so ist das ein Beweis, daß es in manchen Fällen indiziert erscheint und sich dann in dem besonderen Fall auch bewährt. Trotzdem hat eine Hekolithprothese im allgemeinen nicht die Lebensdauer, die ein Kautschukstück haben kann. Die Farbe beginnt schon nach etwa ein bis zwei Jahren durch die oben erwähnten Vorgänge in ein Mahagonibraun hinüberzuspielen, woran z. B. Nikotin und Nahrungsrückstände, die das Material allmählich durchdringen, beteiligt sind.

Solche Prothesen, die ich aus den verschiedensten Teilen des Reiches hin und wieder zur Reparatur übersandt bekam und die teilweise ein Alter von acht Jahren hatten, ließen sich trotzdem noch gut verarbeiten; gelegentlich war um die Porzellanzähne herum ein Schrumpfen des Materials zu beobachten. Die Arbeiten machten jedoch einen solchen Eindruck, daß einem gleichaltrigen Kautschukstück doch der Vorzug zu geben gewesen wäre.

Durch Beobachtung an Patienten kam ich zu dem Resultat, daß sich Hekolith besser für totalen oder vorwiegend totalen Ersatz eignet, da zierliche partielle Stücke trotz der Weichheit eine gewisse Federkraft des Materials aufweisen und im Munde unter der Einwirkung der Kaukräfte zu stark federn und wippen. Quellungen und Veränderungen auf Grund chemischer Einflüsse konnten trotz reichlichen Patienten-Materials nicht beobachtet werden, was auf die in letzten Jahren vorgenommenen weitgehenden Verbesserungen zurückzuführen ist. Dagegen hat sich noch in jüngster Zeit ein Fall gezeigt, bei dem sich eine

Hekolith-Arbeit nach Angaben des Patienten beim Genuß von heißem Grog verzogen haben sollte. Die Prothese war tatsächlich stark verzogen und unbrauchbar geworden. Es erschien jedoch bei dem hohen Grad der Verbiegungen möglich, daß Unvorsichtigkeit bei der Reinigung (kochendes Wasser) der wahre Grund für die Formänderung war.

Die Anwendung des Hekolith bei starken Rauchern hat sich besonders unvorteilhaft erwiesen, da schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit sich die erwähnten Tabakrückstände auf dem Material absetzten und die Arbeit unansehnlich machten. Die besten Erfolge konnten bei weiblichen Patienten mit hygienischen Mundverhältnissen erzielt werden. Die Arbeiten sahen auch noch nach 1½ Jahren fast neu aus. So erscheint die richtige Indikationsstellung für die Anwendung des Hekolith von ausschlaggebender Bedeutung zu sein, es wird dann wertvolle Dienste leisten und seinen Platz in der Zahnheilkunde voll ausfüllen und behaupten können.

Vom Resovin läßt sich berichten, daß es zunächst wegen seiner chemischen Eigenschaften und seiner Farbbeständigkeit, die es auch im Munde bewahrte, sowohl in seiner Heimat als auch bei uns begeisterte Aufnahme fand. Besonders in Amerika glaubte man, nach vieler Enttäuschung mit allen möglichen Kunstharz- und sonstigen Produkten, nunmehr das ideale Prothesenmaterial gefunden zu haben. Leider war es aber damit noch nichts. Schon vor etwa einem Jahr, bei Beginn der für diese Arbeit gemachten Untersuchungen, mehrten sich die Stimmen, die über schlechte mechanische Haltbarkeit klagten. Die Arbeiten brachen oftmals schon nach kurzer Zeit, scheinbar ohne äußeren Grund. Die Hersteller wollten diese Brüche auf fehlerhafte Technik zurückgeführt wissen. Inzwischen hat sich jedoch ergeben, daß die schwierige Technik nicht allein maßgebend für diesen Fehler sein konnte. Die Zusammensetzung des Materials und das Fehlen von Elastisierungsmitteln sind sicherlich hierbei mitbestimmend. Somit mußten auch die Ergebnisse der Untersuchung auf mechanische Eigenschaften solch zweifelhafte Werte und aufschlußreiche Streuungen ergeben. Das Resovin hat so viele Enttäuschungen bereitet, daß es von Eingeweihten als selbständiges Material nicht mehr verwendet wird, sondern nur in Verbindung mit Metallkonstruktionen, die allen Bruch ausschließen.

Im Gegensatz dazu hat das Neo-Hekolith diese Enttäuschungen noch nicht bereitet. Seit zwei Jahren erst, zunächst einem kleinen Teil der Praktiker zugänglich, hat es die Hoffnungen unter den gegebenen Voraussetzungen bisher erfüllt. Es sind von mir z. Zt. etwa 30 Prothesen in Beobachtung. Die Patienten heben alle die Annehmlichkeit der völligen Geschmacklosigkeit hervor und betonen, ein Gefühl der Sauberkeit im Munde zu haben. In einem Fall mußte bei einem an Kautschuk gewöhnten Patienten nach Anfertigung einer neuen oberen Prothese in Neo-Hekolith ein gleichzeitig angefertigtes Unterstück mit Kautschuksätteln nach kurzer Zeit in Neo-Hekolith umgearbeitet werden, da der Patient den Kautschukgeschmack, den er früher für unvermeidlich hielt, nicht mehr ertragen wollte.

Selbst bei starken Rauchern konnten nennenswerte Ablagerungen von Nikotin usw. nicht beobachtet werden, da durch die größere Härte und Dichte des Materials die Absorptionsfähigkeit wesentlich geringer ist. Im Gegensatz zum Hekolith ließ sich das Neo-Hekolith genau wie Kautschuk zu kleineren partiellen Arbeiten anstandslos verarbeiten, da die mechanischen Werte günstiger liegen. Reizungen der Schleimhäute wurden nicht beobachtet, noch wurde in der Literatur darüber berichtet. Reparaturen sind in zwei Fällen notwendig geworden. Einmal war ein ziemlich massives Unterstück beim Herabfallen zersprungen. Der Bruch konnte auf fehlerhafte Technik (Pressen bei zu niedriger Temperatur) zurückgeführt werden. In einem anderen Falle war ein partielles Oberstück infolge ungünstiger Bißverhältnisse gebrochen. Mehrere Kautschukarbeiten hatten vorher das gleiche Schicksal gehabt. Der Bruch erfolgte etwa nach einem Jahr. Er konnte leicht und dauerhaft repariert werden. Die Reparatur wurde dann noch etwa ein halbes Jahr getragen, bis Neuanfertigung in Metallkonstruktion, die durch Extraktionen usw. notwendig wurde, erfolgte. Somit finden sich die Ergebnisse der Untersuchungen bei den praktischen Erprobungen im Munde in ihrer jeweiligen Auswirkung wieder. Das Neo-Hekolith hat bei dieser fast zweijährigen Probe bisher am günstigsten abgeschnitten, nachdem in zahlreichen Fällen mit seiner Hilfe einwandfreier prothetischer Zahnersatz hergestellt werden konnte, der sich auch nach zweijährigem Tragen nicht erkennbar verändert hatte. Dies ist ein Zeitabschnitt, der beim Hekolith die Folgen seines labilen Verhaltens schon deutlich werden läßt. Resovinarbeiten, die dieses Alter erreichen konnten, sind in allen übrigen Punkten dem

Neo-Hekolith gleichzustellen. Somit rechtfertigen die Eigenschaften des Neo-Hekolith mit seiner unbedingten Farbechtheit und mechanischen Widerstandskraft seine Anwendung in der modernen Prothetik, während dem Hekolith ein kleineres Indikationsgebiet vorbehalten bleibt, das sich wohl auf Fälle beschränkt, bei denen nach den für Hekolith gegebenen zeitlichen Grenzen sowieso umgearbeitet wird.

Zusammenfassend seien die Forderungen wiedergegeben, die an ein ideales Prothesenmaterial gestellt werden müssen, das in der Lage sein soll, den Kautschuk als Prothesenbasis zu verdrängen.

I. Mechanische Eigenschaften

Zähigkeit, Widerstandsfähigkeit und abgestimmte Elastizität, mindestens gleichwertig mit dem besten Zahnkautschuk, wird von Neo-Hekolith erfüllt, von Hekolith bedingt.

II. Chemische Eigenschaften

Absolute Indifferenz, Geruch- und Geschmacklosigkeit, einwandfreie Farbe und Farbbeständigkeit, Unveränderlichkeit gegenüber den Mundeinflüssen, neutrales Verhalten gegenüber Metallen, wird nur von Neo-Hekolith und Resovin erfüllt.

III. Physikalische Eigenschaften

Geringes spezifisches Gewicht, größte Dichte, genügende Härte, Thermoplastizität innerhalb der anderweitig gegebenen Temperaturgrenzen wird von Neo-Hekolith an erster, an zweiter von Resovin und von Hekolith an dritter Stelle erfüllt.

IV. Technische Verarbeitung

Genügend einfache Verarbeitung, ebenso allgemein durchführbar wie die Kautschuktechnik, unbedingte Modelltreue und einwandfreier Fluß, feste Verbindung mit Zähnen und Metallteilen wird von Neo-Hekolith erfüllt, von Hekolith und Resovin zum Teil.

V. Sonstige Eigenschaften

Reparatur- und Umarbeitungsmöglichkeiten; möglichst die Eigenschaft, sich leicht im plastischen Zustand zu vereinen, wird von den Kunstharzen und Hekolith bei Verwendung des Lösungsmittels erfüllt.

VI. Wirtschaftlichkeit

Das Material muß preiswürdig sein und für die Sozialpraxis weitestgehend mit Vorteil verwendbar sein. Diese Forderung wird nur vom Neo-Hekolith erfüllt. Die bisher gemachten Erfahrungen rechtfertigen und begünstigen seine breitere Verwendung in der Sozialpraxis. Die etwas höher liegenden Unkosten im Vergleich zu einer Kautschukarbeit werden durch die mannigfachen Vorzüge ausgeglichen.

Die Untersuchungsergebnisse sowie die bisherigen praktischen Erfahrungen zeigen, daß das Neo-Hekolith diese Forderungen von allen untersuchten Materialien am weitestgehenden erfüllt und somit geeignet erscheint, in der zahnärztlichen Prothetik in Anwendung gebracht zu werden und in vielen Fällen an die Stelle des Kautschuks zu treten.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Professor Dr. Schoenbeck für die Ueberlassung des Themas und die Anregungen bei der Auswahl der Untersuchungsmethoden an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Schriftennachweis:

Frahm, Frederick: Dental Items of Interest, November 1933, Nr. 11.
Galloway, Stanley: The Mouth Mirror. September 1930, Nr. 104.
Holz, Hans: Dentistische Reform, Januar 1932, Nr. 66.
Keil, Alfred: Ueber Neo-Hekolith, Fa. Heko-Werke A.-G.
Nesbett, Norman B.: Vortrag in Boston, Mass. 20. Oktober 1933.
Schoenbeck, Fritz, Professor Dr.: Zahnärztliche Materialkunde.
Schubert, L., Dr.: Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift, Dezember 1933, Nr. 49.
S. S. White Dental Mfctr.
Tritterm ann: Zahnärztliche Rundschau, Dezember 1925, Nr. 50.
Weikart, Paul, Dr.: Praktik in der zahnärztlichen Materialienkunde.
Ziebe, Heinz: Deutsche Zahnärztliche Wochenschrift, Oktober 1926, Nr. 21.

Mein Lebenslauf

Am 10. Juli 1909 wurde ich als Sohn des Geheimen Expedierenden Sekretärs der Kaiserlich Deutschen Botschaft, Walter Roehr, und seiner Ehefrau Frieda, geb. Sprung, in St. Petersburg, Rußland, geboren und dort auf die Namen Karl, Heinrich, Peter evangelisch getauft. Im Jahre 1911 wurde mein Vater nach Konstantinopel versetzt. Dort erhielt ich den ersten Unterricht von meiner Mutter, die früher Lehrerin war. Im Herbst 1918 trat ich in die Sexta der dortigen deutschen Oberrealschule ein. Wenige Wochen darauf wurden mit Beendigung des Krieges alle Deutschen und Oesterreicher aus der Türkei von den Alliierten vertrieben. Von 1919 bis 1921 besuchte ich dann die Herderschule in Berlin-Westend, bis mein Vater einen neuen Posten in Quito, Ecuador (Südamerika), antrat. Ich besuchte dort die deutsche Schule, wurde dann aber 1923 nach Deutschland zurückgeschickt, da die Schulverhältnisse in Quito ungünstig waren. Ich besuchte bis zum Tode meines Vaters im Frühjahr 1926 das Pädagogium Schwarzburg in Thüringen und dann nach der Rückkehr meiner Mutter zuerst die Goetheschule und dann die Treitschkeschule in Berlin-Wilmersdorf, an der ich am 9. März 1929 die Reifeprüfung bestand.

Ich studierte im Sommersemester 1929 an der Universität Berlin Zahnheilkunde, im darauffolgenden Winter- und Sommerhalbjahr an der Universität Münster i. W., wo ich bei Beginn des Winterhalbjahres 1930/31 die Vorprüfung ablegte. Mit dem Winterhalbjahr 1931/32 kehrte ich an die Berliner Universität zurück. Mit Beendigung des Winterhalbjahres 1932/33 und damit meines achten Studiensemesters bestand ich die zahnärztliche Prüfung vor dem Prüfungsausschuß in Berlin und erhielt am 1. Juni 1933 die Approbation als Zahnarzt. Nach vorangegangener kürzerer Assistentenzeit, z. T. noch während der Studienzeit, am Staatskrankenhaus Berlin und einigen Vertreterstellen habe ich mich seit dem 1. Juli 1933 in Berlin-Charlottenburg als selbständiger Zahnarzt niedergelassen und leite dort ein zahntechnisches Laboratorium.

Druck:

Berlinische Verlagsanstalt G. m. b. H.
Berlin NW 87